

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-023724

(43)Date of publication of application : 23.01.1998

(51)Int.CI.

H02K 29/06
H02K 1/14
H02K 11/00
H02P 5/41
H02P 7/63

(21)Application number : 08-173403

(71)Applicant : HITACHI LTD
JAPAN SERVO CO LTD

(22)Date of filing : 03.07.1996

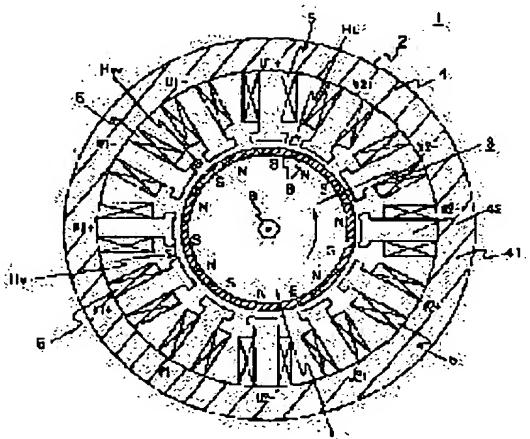
(72)Inventor : TAJIMA FUMIO
KAWAMATA SHOICHI
MATSUNOBU YUTAKA
ABUKAWA TOSHIMI
ONISHI KAZUO

(54) PERMANENT-MAGNET ROTARY ELECTRIC MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent-magnet rotary electric machine which is reduced in pulsative torque and has a small size and light weight by setting the arranging intervals of adjacently arranged magnetic pole position detectors for different phases at a specific multiple of the arranging width of one stator magnetic poles.

SOLUTION: The arranging intervals of magnetic pole position detectors H_u , H_v , and H_w are set double the arranging width of one stator magnetic pole 42. In other words, the detectors H_u , H_v , and H_w are arranged at intervals which are equal to the arranging width of two stator magnetic poles 42. That is, the detectors H_u , H_v , and H_w receive influences from the stator magnetic poles 32 and the magnetic field formed by winding currents at the same (equivalent) level. Consequently, the electric angle of 60° between the magnetic poles 42 do not deflect to 50° or 70° , but the accuracy of magnetic pole position signals can be secured and the increase of pulsative torques can be suppressed. Therefore, the interval between each detector H_u , H_v , and H_w becomes shorter and the size and weight of a permanent-magnet rotary electric machine can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of 23.10.2001]

[rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-23724

(43)公開日 平成10年(1998)1月23日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 02 K 29/06			H 02 K 29/06	Z
1/14			1/14	Z
11/00			H 02 P 5/41	3 0 2 M
H 02 P 5/41	3 0 2		7/63	3 0 3 V
7/63	3 0 3		H 02 K 11/00	C

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願平8-173403

(22)出願日 平成8年(1996)7月3日

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000228730
日本サーべ株式会社
東京都千代田区神田美土代町7

(72)発明者 田島 文男
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 川又 昭一
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 高田 幸彦 (外1名)
最終頁に続く

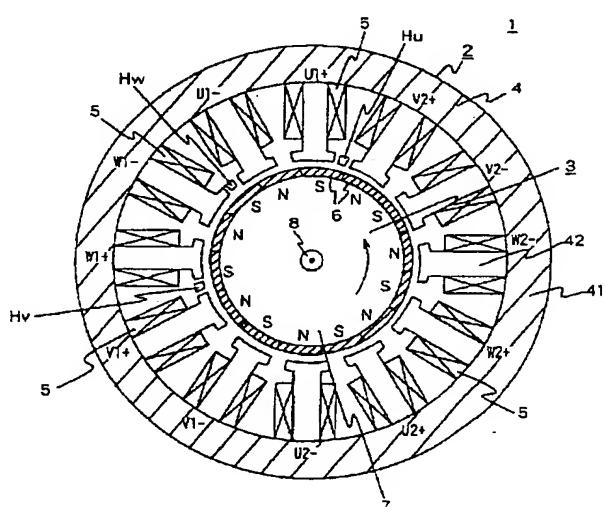
(54)【発明の名称】 永久磁石回転電機

(57)【要約】

【課題】小型軽量で、さらには脈動トルクの小さい永久磁石回転電機を提供する。

【解決手段】回転電機1は、12個の固定子磁極42に集中的に巻回した3相の各固定子巻線5を有する固定子2と、ほぼ等間隔に着磁された14個の永久磁石6を有する回転子3と、隣り合うそれぞれの配置間隔が固定子磁極42の2個分の寸法間隔に設定されている一組の磁極位置検出器Hu, Hv, Hwとを備え、磁極位置検出器Hu, Hv, Hwにて永久磁石6の磁極位置を検出し、該検出磁極位置に応じて各固定子巻線5への通電制御が為されて駆動される。

図2



【特許請求の範囲】

【請求項1】M個の固定子磁極に集中的に巻回した多相の固定子巻線を有する固定子と、ほぼ等間隔に着磁されたP個の永久磁石極を有する回転子とを備え、かつ永久磁石極数P、固定子磁極数MとをP:M=6n±2:6n(但し、nは2以上の整数)の関係となし、前記永久磁石極の作る磁束から前記回転子の磁極位置を各相の磁極位置検出器にて検出し、該検出磁極位置に応じて前記各相固定子巻線への通電制御がなされて駆動される永久磁石回転電機において、隣り合う前記各相磁極位置検出器の配置間隔は、1個分の前記固定子磁極の位置間隔の2倍に設定されていることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項2】請求項1において、前記固定子巻線は、U相を起点として、U相はU1+, U1-, U2-, U2+の順に、W相はU1+から1個分の前記固定子磁極を置いてW1-, W1+, W2+, W2-の順に、V相は更に1個分の前記固定子磁極を置いてV1+, V1-, V2-, V2+の順に、すべて同方向に結線されたことを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項3】M個の固定子磁極に集中的に巻回した3相の固定子巻線を有する固定子と、ほぼ等間隔に着磁されたP個の永久磁石極を有する回転子とを備え、かつ永久磁石極数P、固定子磁極数MとをP:M=6n±2:6n(但し、nは2以上の整数)の関係とした永久磁石回転電機において、

前記固定子磁極に巻回された固定子巻線を、U相を起点とし、1個分の固定子磁極を置いてW相、さらに1個分の固定子磁極を置いてV相の順で同じ方向に、結線したことを特徴とする永久磁石回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石回転電機に係り、特に、トルク脈動の小さい小型軽量の集中巻固定子を有する永久磁石回転電機に関する。

【0002】

【従来の技術】小型永久磁石電動機は、一般に固定子磁極を有しあつこの磁極に固定子巻線を集中的に配置する構成の集中巻き永久磁石回転電機が使用されてきた。これまで大型回転機の分野まで使用されている分布巻固定子に対して、エンド部が単純な構成となるために電動機の体格を小さくできる、また、コイルの数を少なくできることから構成が単純になる等の利点がある。この種の永久磁石回転電機では永久磁石回転電機の永久磁石の極数Pと固定子の磁極数Mとの比を2:3とする事が一般であった。しかし、上記方式はコギングトルクが大きい欠点があった。

【0003】これに対し特開昭62-110468号公報(以下、開示例1という)では、永久磁石の極数Pと固定子の磁極数MとをP:M=6n±2:6n(ただし、nは2以上の整数)とした永久磁石回転電機に関して、コ

ギングトルクの減少及び巻線の利用率が向上し、電動機体格を小さくかつ脈動トルクの少ない電動機を提供できることを開示している。

【0004】一方、特開昭62-221854号(以下、開示例2)では、この種のブラシレスモータを運転させるのに必要な磁極位置検出器(3相の場合は3個使用)の配置を、機械的に120度の間隔に配置した例を開示している。いずれも3個の磁極位置は、ブラシレスモータとして運転できるように、各相の磁極位置検出器の電気角を120度の間隔に配置する構成である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ブラシレスモータを小型軽量、脈動率トルクの低いものにするためには、3個の磁極位置検出器の位置が近く、かつ3個の各相の磁極位置検出器と固定子磁極及びその周囲に巻回された固定子巻線との関係が同一であることが必要である。

【0006】しかしながら、上記開示例2には、磁極位置検出器の位置が遠く離れる欠点がある。また、各相の磁極位置検出器が電気角120度ずつ離れ、かつ最短の位置では各相の磁極位置検出器と固定子磁極及びその周囲に巻回された固定子巻線との関係(例えば、U相の磁極位置検出器はU相の固定子巻線が巻回される固定子磁極の下に配置されるのに対し、V相の磁極位置検出器もU相の固定子巻線が巻回される固定子磁極の下に配置される)が、変わってしまう欠点があった。これは、磁極位置検出器の精度が各相間で大きく異ならしめ、これによつて大きな脈動トルクを生ぜしめるからであった。

【0007】また、開示例1には各突極磁極間の配線構成を工夫し、小型軽量に結び付ける技術については開示されていない。

【0008】従つて、本発明の目的は、上記開示例の課題を解決し、小型軽量の永久磁石回転電機を提供すること、さらには、脈動トルクの小さい且つ小型軽量の永久磁石回転電機を提供するにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明による永久磁石回転電機の特徴は、M個の固定子磁極に集中的に巻回した多相の固定子巻線を有する固定子と、ほぼ等間隔に着磁されたP個の永久磁石極を有する回転子とを備え、かつ永久磁石極数P、固定子磁極数MとをP:M=6n±2:6n(但し、nは2以上の整数)の関係となし、前記永久磁石極の作る磁束から前記回転子の磁極位置を各相の磁極位置検出器にて検出し、該検出磁極位置に応じて前記各相固定子巻線への通電制御がなされて駆動される永久磁石回転電機において、隣り合う前記各相磁極位置検出器の配置間隔は、1個分の前記固定子磁極の位置間隔の2倍に設定されている構成にある。

【0010】また、他の特徴は、M個の固定子磁極に集中的に巻回した3相の固定子巻線を有する固定子と、ほ

ば等間隔に着磁されたP極の永久磁石極を有する回転子とを備え、かつ永久磁石極数P、固定子磁極数MとをP : M = 6 n ± 2 : 6 n(但し n は2以上の整数)の関係とした永久磁石回転電機において、前記固定子磁極に巻回された固定子巻線を、U相を起点とし、1個分の固定子磁極を置いてW相、さらに1個分の固定子磁極を置いてV相の順で同じ方向に、結線した点にある。

【0011】本発明によれば、各相の磁極位置検出器はそれぞれ120度の電気角で配置されるとともに、固定子の磁極及び巻線から同じ影響を受ける位置にて磁極位置検出ができる。これによって、各磁極位置検出器間の間隔は最短となり小型軽量化が図られるとともに、磁極位置検出が正確となって脈動トルクを小さくすることができる。

【0012】また、固定子巻線の結線長さが各相とも同じになり、小型軽量に結び付けることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参考し説明する。図1は、本発明による一実施例の永久磁石回転電機を示す断面図である。本発明に関わる永久磁石回転電機の断面構造を示している。図2は、図1のAA断面を示す図である。図1と図2を同時に参考し構成について説明する。

【0014】図1において、永久磁石回転電機1(以下、回転電機1という)は、固定子2と回転子3とエンドブラケット10と2個のベアリング11と3個の磁極位置検出器(Hu, Hv, Hw)と配線基板Ptとから構成される。固定子2は、ハウジング9と、このハウジング9の内周面に固定された固定子鉄心4と、この固定子鉄心4に巻回された多相の固定子巻線5とからなる。回転子3は、永久磁石6とヨーク7とシャフト8とで構成される。また、シャフト8は、ベアリング11とハウジング9とエンドブラケット10とによって固定子2に回転自在に保持する。そして、一般的にホール素子等で構成される磁極位置検出器は、回転子3の永久磁石6の位置を検出するために、回転電機1の内部に配設された配線基板Ptに装着されている。

【0015】図2において、回転電機1は、主に固定子2と回転子3とからなり、固定子2は固定子鉄心4と固定子巻線5とで構成される。ここで、固定子鉄心4は円環状の固定子ヨーク41と複数個の固定子磁極42とかなり、各固定子磁極42には固定子巻線5が集中的に巻回される構成である。各巻線は空隙面での磁路を共有すること無い構成である。この集中巻構造の固定子は一般的の大型機に使用されている分布巻構造の固定子に対して、エンドコイル部の長さを短くすることができるため、回転電機の体格を小さくすることができる利点がある。本実施例の回転電機では、3相で、回転子3の永久磁石極数が14個で、固定子2の固定子磁極数が12個である構成を示した。なお、回転電機が発電機であって

も同様な構成にできることは云うまでもないことがある。

【0016】そして、図2で示した3相の固定子巻線5としてのU1+, U1-, U2+, U2-と、V1+, V1-, V2+, V2-と、W1+, W1-, W2+, W2-に対応して、一組の磁極位置検出器Hu, Hv, Hwが配置される。Ptは、それぞれの固定子巻線5のU1+, U1-, U2+, U2-と、V1+, V1-, V2+, V2-と、W1+, W1-, W2+, W2-とを3相接続構成にするとともに、磁極位置検出器Hu, Hv, Hwを固定及び配線する配線基板である。ここで、本実施例における磁極位置検出器Hu, Hv, Hwは、回転子3の永久磁石6の発生する磁束によって、当該永久磁石6の磁極位置を直接検出する構成の磁極位置検出器を対象とする。

【0017】図3は、本発明による一実施例の永久磁石回転電機制御回路を示す図である。図1で示した永久磁石回転電機を駆動する制御回路を示している。図において、直流電源12の電力は、インバータ13を介して回転電機の多相の固定子巻線5に供給される。ここで、インバータ13はTu+, Tv+, Tw+のプラス側のスイッチング素子とTu-, Tv-, Tw-のマイナス側のスイッチング素子とで構成される。更に、回転子3の磁束から磁極位置検出器Hu, Hv, Hwを介して、磁極位置信号を制御回路14内に取り込んで、インバータ13のスイッチング素子Tu+, Tv+, Tw+, Tu-, Tv-, Tw-へのパルス信号を制御する。ここで、固定子磁極42に巻回された固定子巻線5はそれぞれ各相ごとに、図示の順で配線基板Ptを利用して接続され、3相の回転電機1としての結線がなされる。

【0018】図4は、本発明による永久磁石回転電機の動作原理を示す図である。図中、(a), (b), (c)は、磁極位置検出器Hu, Hv, Hwの磁極位置信号で、これは回転子3からの磁束を直接検出して出力する。(d), (e), (f)のSu, Sv, Swは、上記の磁極位置信号を0点の基準とし比較器を介して出力した信号で、インバータ13のスイッチング素子Tu+, Tv+, Tw+, Tu-, Tv-, Tw-には、それぞれ(g), (h), (i)で示すTu, Tv, Tw信号が加えられる。

【0019】なお、必要に応じて、このTu, Tv, Tw信号とPWM(Pulse Width Modulation)信号との論理積(AND)を取った信号が加えられても可である。すなわち、回転電機1は、回転子3の永久磁石6が作る磁束によって当該回転子3(永久磁石6)の磁極位置を磁極位置検出器Hu, Hv, Hwにて検出し、該検出磁極位置に応じて各固定子巻線5への通電切替制御がなされて駆動される。

【0020】ところで、永久磁石回転電機の脈動トルクは、磁極位置検出器Hu, Hv, Hwの磁極位置信号の精度によって大きく依存される。インバータ13のスイッ

チング素子 $T_u +$, $T_v +$, $T_w +$, $T_u -$, $T_v -$, $T_w -$ には、それぞれ (g), (h), (i) で示す信号が加えられ、これは電気角で 60 度ごとに、図示のように切り替わる。磁極位置検出器の配置が悪く前記磁極位置信号の精度が悪いと、図 4(a), (b), (c) で示した磁極位置信号が乱れ、例えば、360 度の中の一つの区間では 50 度と短くなり、他の区間では 70 度と長くなるような区間が生じ、これによって回転電機 1 の脈動トルク(コギングトルク)も大きくなる。

【0021】そして、従来技術では、磁極位置検出器 H_u を基準にして、電気角(永久磁石の NS 間を 360 度とする)でそれぞれ 120 度の間隔で磁極位置検出器 H_v , H_w が配置されているものであった。この場合には、磁極位置検出器 H_v , H_w は、それぞれ固定子巻線 $U_1 +$, $U_1 -$ を巻回した磁極の位置に配置されたことになる。上記構成のそれぞれの磁極位置検出器 H_u , H_v , H_w の位置は、磁極位置検出器 H_u では固定子磁極 42 の中間の位置に、それぞれの磁極位置検出器 H_v , H_w では中間の位置からはずれた固定子磁極 42 上の位置となる。

【0022】また、磁極位置検出器 H_u は制御する固定子巻線 U 相の位置にあるが、磁極位置検出器 H_v , H_w は制御するべき固定子巻線 V, W 相とは異なる固定子巻線 U 相の固定子磁極 42 の位置にある。これらの構成により、磁極位置検出器 H_u , H_v , H_w が受けける影響、すなわち、固定子磁極 42 からの影響及び固定子巻線電流が作る磁界からの影響が、各磁極位置検出器でそれぞれに異なり、前述の磁極位置信号の精度を下げ、脈動トルクを増加させるものであった。

【0023】本発明による実施例では、図 2 に示すように磁極位置検出器 H_u , H_v , H_w の隣り合う配置間隔を 1 個分の固定子磁極 42 の位置間隔の 2 倍に設定するものである。換言すれば、隣り合う各相磁極位置検出器は、固定子磁極の 2 個分の位置寸法からなる配置間隔を有して配置されているものである。本実施例の配置間隔の構成によれば、各磁極位置検出器 H_u , H_v , H_w は、いずれも固定子磁極 42 の中間の位置(固定子磁極からの影響及び固定子巻線電流が作る磁界からの影響が等価範囲内にある位置)となる。かつ本実施例では、磁極位置検出器 H_u は、制御するべき固定子巻線 U 相を巻回保持する固定子磁極 42 に隣接している位置にあり、磁極位置検出器 H_v は固定子巻線 V 相を持つ固定子磁極 42 に隣接している位置にあり、磁極位置検出器 H_w は固定子巻線 W 相を持つ固定子磁極 42 の位置にあるよう配置される。

【0024】さらに換言すれば、制御するべき固定子巻線 X_1 相に隣接して配置された磁極位置検出器 H_1 を基準にして、2 個分の固定子磁極を置いて固定子巻線 X_2 相と該固定子巻線 X_2 相の固定子磁極に隣接して磁極位置検出器 H_2 を配置し、順次、2 個分の固定子磁極を置い

て固定子巻線 X_n 相と該固定子巻線 X_n 相の固定子磁極に隣接して磁極位置検出器 H_n を配置したものであると言える。

【0025】すなわち、磁極位置検出器 H_u , H_v , H_w は、共に同じレベル(等価)で固定子磁極 42 の影響及び巻線電流が作る磁界の影響を受ける。これによって、電気角 60 度が 50 度または 70 度と振れることがなく磁極位置信号の精度が確保されて、脈動トルクの増加を抑えることができる。

【0026】尚、図 2 の配置において、隣り合う固定子磁極 42 の電気的な間隔は $180^\circ \times 14$ 極 / 12 = 210 度となる。従って、磁極位置検出器 H_u に対して、4 個分(図中の①, ②, ③, ④)の固定子磁極 42 の位置だけ離れている磁極位置検出器 H_v は、 $210^\circ \times 4 - 720^\circ = 120^\circ$ となり、120 度位相の遅れた位置に配置される。一方、磁極位置検出器 H_u に対して 2 個分の固定子磁極 42 の位置だけ離れている磁極位置検出器 H_w は、 $210^\circ \times 2 - 360^\circ = 60^\circ$ となる。磁極位置検出器 H_w は、磁極位置検出器 H_u に対して 240 度の位相差が必要であるため、磁極位置検出器 H_w は図示の位置で電流の方向の反転、及び信号の反転によってさらに 180 度の位相差を持たせることで、240 度の位相差を確保することができる。

【0027】以上を纏めれば、本発明の特徴は、M 個の固定子磁極に集中的に巻回した多相の固定子巻線を備えた固定子鉄心を有する集中巻固定子と、ほぼ等間隔に着磁された P 個の永久磁石極を有する永久磁石回転子とを備え、かつ永久磁石極数 P, 固定子磁極数 M とを、P : M = $6n \pm 2 : 6n$ (ただし、n は 2 以上の整数) の関係となし、永久磁石回転子の作る磁束によって当該永久磁石回転子の磁極位置を各相の磁極位置検出器にて検出し、検出した磁極位置に応じて固定子磁極に巻回された各相の固定子巻線への通電を切り替える制御がなされて駆動される永久磁石回転電機において、磁極位置検出器の間隔を固定子磁極位置の間隔の 2 倍とするにある。

【0028】これによって、各相の磁極位置検出器は、それぞれ固定子磁極及び固定子巻線に対して電気角で 120 度異なる位置に配置されるとともに、固定子磁極などから各相とも同じ影響を受ける位置にて磁極位置検出ができる。これによって、各相の磁極位置検出器同士の間隔が短くなるとともに、電気的に切り替える間隔が正確となって脈動トルクが小さくなる。すなわち、磁極位置検出器同士の間隔が小さくなることは、制御回路と磁極位置検出器との配線を配線基板 P 上の小さなスペースで達成できることになり、小型軽量化に結び付けることができる。

【0029】一方、図 2, 図 3 に示すように、永久磁石極数 P, 固定子磁極数 M とを P : M = $6n \pm 2 : 6n$ (但し、n は 2 以上の整数) とした永久磁石回転電機において固定子磁極 42 に巻回された固定子巻線 5 の U 相を

起点として、U相はU1+, U1-, U2-, U2+の順に、W相はU1+から1個分の固定子磁極42をおいてW1-, W1+, W2+, W2-の順に、V相はさらに1個分の固定子磁極42をおいて、V1+, V1-, V2-, V2+の順に、すべて同方向(図中では反時計回り)に結線(配線)することによって、U、V、W相の巻線の引き出し位置及び中性点の接続位置が近くなり、各相の固定子巻線の結線長さが各相とも同じになり、かつ、長さのばらつきも少なくすることに繋がり、小型軽量に結び付けることができる。また、配線基板及び回転電機も小さくすることが可能である。

【0030】以上の構成によって、磁極位置検出器間の配線や固定子巻線の利用率(スペース効率)が良くて小型軽量となる永久磁石回転電機が提供される。さらに、位置検出精度を向上させることによって、脈動トルク(コギングトルク)の小さな永久磁石回転電機が提供される。

【0031】尚、本実施例において、回転型のモータ駆動の適用した場合を例に挙げ説明したが、本発明は、永久磁石電動機方式としてのリニアモータ駆動装置にも適用することができる。また、回転子の位置に対して正弦波状の電流制御を行う制御方式についても、さらに、電流制御をしない方式あるいは120度通電型のブラシレスモータ方式にも適用できることは言うまでもない。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、電気角を120度とし、各磁極位置検出器を当該各磁極位置検出器に対する影響が等価となる位置に配置できるので、電気的に切り

替える間隔が正確となって脈動トルク(コギングトルク)が小さくなり、かつ各磁極位置検出器同士の間隔が短くなって小型軽量に結び付く効果がある。また、固定子巻線の巻線利用率が向上して小型軽量に繋げることもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による一実施例の永久磁石回転電機を示す断面図である。

【図2】図1のA-A断面を示す図である。本発明の永久磁石回転電機の断面を示す。

【図3】本発明による一実施例の永久磁石回転電機制御回路を示す図である。

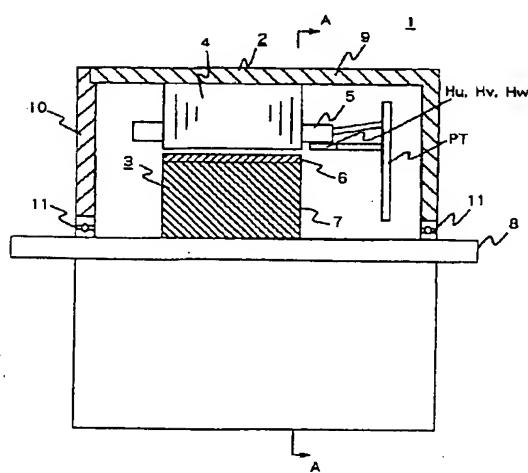
【図4】本発明による永久磁石回転電機の動作原理を示す図である。

【符号の説明】

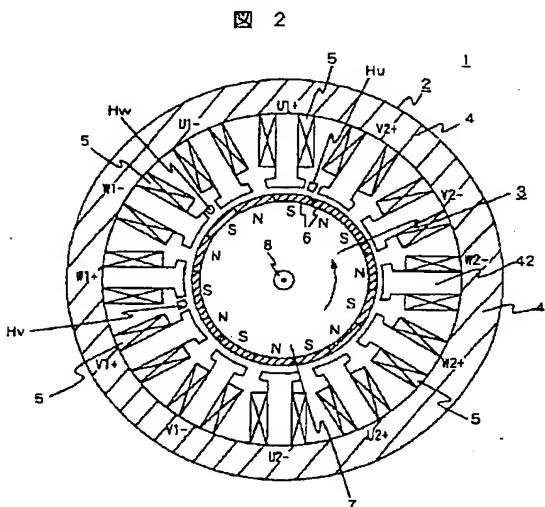
1	永久磁石回転電機	2	固定子
3	回転子	4	固定子鉄心
5	固定子巻線	6	永久磁石
7	回転子鉄心	8	シャフト
9	ハウジング	10	エンドプラケット
11	ベアリング	12	直流電源
13	インバータ	14	制御回路
41	固定子ヨーク	42	固定子磁極
Hu, Hv, Hw	磁極位置検出器		
Tu, Tv, Tw	スイッチング素子		
Pt	配線基板		

【図1】

図 1

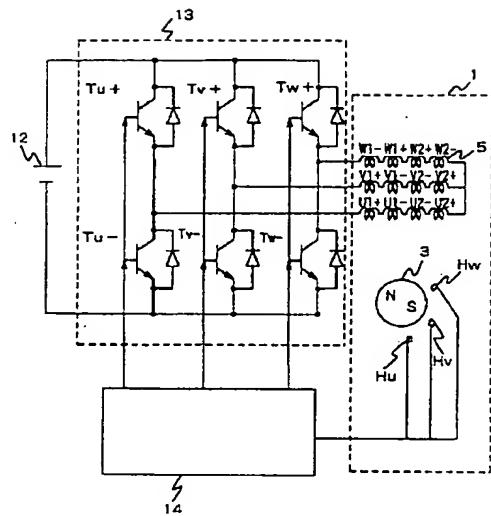


【図2】



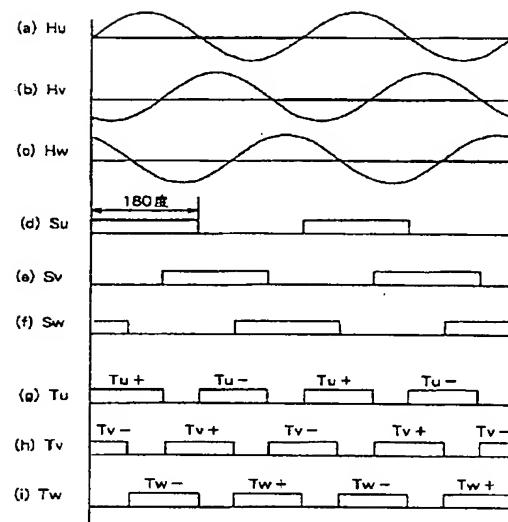
【図3】

図 3



【図4】

図 4



フロントページの続き

(72)発明者 松延 豊

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 虹川 俊美

東京都千代田区神田美土代町7番地 日本
サーボ 株式会社内

(72)発明者 大西 和夫

東京都千代田区神田美土代町7番地 日本
サーボ 株式会社内